

## Surface acoustic wave devices and their manufacturing method

Patent Number: US5998907

Publication  
date: 1999-12-07

Inventor(s): EDA KAZUO (JP); NAMBA AKIHIKO (JP); SATO HIROKI (JP); KAWASAKI OSAMU (JP); OGURA TETSUYOSI (JP); ONISHI KEIJI (JP); SEKI SHUN-ICHI (JP); TAGUCHI YUTAKA (JP); TOMITA YOSIHIRO (JP)

Applicant(s): MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD (JP)

Requested  
Patent: JP11055070

Application  
Number: US19980087079 19980529

Priority Number  
(s): JP19970143599 19970602; JP19970259104 19970924

IPC  
Classification: H03H9/64

EC  
Classification: H03H9/02S2E

Equivalents:

### Abstract

A surface acoustic wave device has a main substrate; a comb-like electrode formed on one of the main surfaces of said main substrate; and a supplementary substrate joined with the other main surface of said main substrate, wherein said supplementary substrate has a smaller thermal expansion coefficient and a larger thickness than said main substrate.

Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - I2

## Description

### BACKGROUND OF THE INVENTION

#### 1. Field of the Invention

The present invention relates to surface acoustic wave devices used for mobile communication equipment and their manufacturing method.

#### 2. Related Art of the Invention

Due to the development of mobile communication, there is a growing demand for the improvement of the performance of surface acoustic wave devices that are one of the key devices in manufacturing equipment. The characteristics of surface acoustic wave devices depend on the electromechanical coupling coefficient, delay time temperature coefficient, and surface acoustic wave propagation velocity of piezoelectric substrates. Common piezoelectric substrates are now formed of piezoelectric monocrystal such as crystal, lithium tantalate, or lithium niobate. Due to the anisotropy of the piezoelectric monocrystal, substrates of the same material may have different characteristics depending on their cut angle or propagating direction. Thus, such substrates are selected depending on their applications. In general, the temperature coefficient of frequency (TCF) of these piezoelectric substrates increases with increasing electromechanical coupling coefficient, while it decreases with decreasing TCF, and substrate materials have been required that have a large electromechanical coupling coefficient and a small TCF.

In addition, various mobile communication systems are used and the working frequency band has spread from a conventional 800-MHz band to a 1.9-GHz band. The PCS system in the U.S. and the

PCN system in Europe are mobile communication systems that use the 1.9-GHz band and that have a very small difference in frequency (20 MHz) between the transmission and reception bands. Thus, if, for example, a transmission filter is used, it is very difficult to achieve sufficient attenuation in the reception band. When a surface acoustic wave filter is used for these systems, piezoelectric substrates formed of lithium tantalate or niobate having a large electromechanical coupling coefficient are normally used in order to provide a pass band. Due to the large TCF of such piezoelectric substrates (for example, about -35 ppm/DEG C. in lithium tantalate for 36 DEG Y-cut and X propagation), however, only 10-odd MHz of interval can be substantially provided between the transmission and reception bands taking the operating temperature range and manufacturing deviances into consideration. Consequently, in the above example of a transmission filter, it is further difficult to achieve sufficient attenuation in the reception band. These factors further enhance a demand for piezoelectric substrates having a large electromechanical coupling coefficient and excellent temperature characteristics.

Various approaches have been executed to improve the TCF of surface acoustic wave devices. For example, (1) the well known methods disclosed in J. Appl. Phys. (Vol. 50, pp. 1360-1369, 1979) and IEEE Transactions Sonics and Ultrasonics (Vol. SU-31, pp. 51-57, 1984) improve the TCF of surface acoustic wave devices by forming on lithium tantalate or niobate a silicon oxide film (SiO<sub>2</sub>) of a TCF with an opposite sign. (2) In addition, the method disclosed in IEEE Transactions Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control (Vol. 41, pp. 872-875, 1994) forms a polarization inverting layer on the surface of a piezoelectric substrate to allow the electrostatic short-circuit effect of the piezoelectric to be used to control the TCF of a surface acoustic wave device. (3) A method has also been proposed that directly joins different piezoelectric substrates together to provide a piezoelectric substrate having new piezoelectric characteristics.

Conventional surface acoustic wave devices are described below.

First, a conventional surface acoustic wave device is described in which a silicon oxide film is formed on an existing piezoelectric substrate. FIG. 9 is a sectional view of a conventional surface acoustic wave device in which a silicon oxide film is formed on a piezoelectric substrate. In this figure, 201 is a piezoelectric substrate, 203 is a comb-like electrode, and 204 is a silicon oxide film. The piezoelectric substrate 201 comprises lithium tantalate or niobate. This surface acoustic wave device is fabricated by forming the comb-like electrode 203 on the piezoelectric substrate 201, and using a sputtering method to form the silicon oxide film 204 on the piezoelectric substrate 201 on which the comb-like electrode 203 is formed. The piezoelectric characteristics vary depending on the thickness of silicon oxide, and a zero temperature coefficient is obtained at a certain thickness (normally expressed by normalizing the surface acoustic wavelength).

Next, a conventional surface acoustic wave device is discussed in which a polarization inverting layer is formed on the surface of a piezoelectric substrate. FIG. 10 is a sectional view of a conventional surface acoustic wave device in which a polarization inverting layer is formed on the surface of a piezoelectric substrate. In this figure, 201 is the piezoelectric substrate, 203 is the comb-like electrode, and 205 is a polarization inverting layer. This surface acoustic wave device is fabricated by forming the polarization inverting layer 205 on the front surface of the piezoelectric substrate 201 and then forming the comb-like electrode 203. When the polarization inverting layer 205 has a certain depth, the electrostatic short-circuit effect of this layer 205 improves its temperature characteristics compared to existing piezoelectric substrates.

In addition, FIG. 11 is a sectional view showing a configuration of a conventional surface acoustic wave device wherein piezoelectric monocrystals are directly joined together to provide new piezoelectric characteristics. In this figure, 201 is a main substrate consisting of a first piezoelectric substrate, 202 is a supplementary substrate consisting of a second piezoelectric substrate, and 203 is a comb-like electrode. According to this configuration, a surface acoustic wave device with new characteristics is provided by reducing the thickness of the main substrate 201 below one surface acoustic wavelength to excite a surface acoustic wave in a mode different from that of a surface acoustic wave that propagates along the main substrate.

These conventional surface acoustic wave devices, however, have the following problems.

First, while the silicon oxide film or polarization inverting layer can improve the temperature characteristics, the characteristics of the piezoelectric substrate inevitably change. That is, the surface acoustic wave velocity may vary, the propagation loss of surface acoustic waves may increase, the electromechanical coupling coefficient may vary, or unwanted spurious responses may occur. Furthermore, if the silicon oxide film is used, the varying thickness of this film may cause the piezoelectric characteristics and surface acoustic wave velocity of the piezoelectric substrate to vary, thereby hindering manufacturing deviances from being controlled. The film quality of silicon oxide may

cause the characteristics of the substrate to change. Similarly, if the polarization inverting layer is used, varying the depth of the polarization inverting layer may cause the piezoelectric characteristics and surface acoustic wave velocity of the piezoelectric substrate to change.

On the other hand, the conventional surface acoustic wave device using a direct junction requires the thickness of the first piezoelectric substrate, that is, the main substrate to be reduced accurately, thereby preventing high frequencies from being used for the process.

## SUMMARY OF THE INVENTION

In view of the difficulty in controlling the temperature characteristics of such conventional piezoelectric substrates for surface acoustic waves, the present invention provides a surface acoustic wave device having excellent temperature characteristics and manufacturing methods that do not change the characteristics of the piezoelectric substrate such as the electromechanical coupling coefficient or surface acoustic wave velocity.

To solve the problems described above, the present invention according to a first aspect is a surface acoustic wave device comprising a main substrate; a comb-like electrode formed on one of the main surfaces of said main substrate; and a supplementary substrate joined with the other main surface of said main substrate, wherein said supplementary substrate has a smaller thermal expansion coefficient and a larger thickness than said main substrate.

The present invention according to a second aspect is a surface acoustic wave device comprising a main substrate; a comb-like electrode formed on one of the main surfaces of said main substrate; and a supplementary substrate joined with the other main surface of said main substrate, wherein said supplementary substrate has a larger thermal expansion coefficient and a smaller thickness than said main substrate.

The present invention according to a third aspect is a surface acoustic wave device manufacturing method comprising a hydrophilic treatment step of washing a main substrate and a supplementary substrate to make them hydrophilic; a direct joining step of directly joining said main and supplementary substrates after said hydrophilic treatment; and an electrode forming step of forming a comb-like electrode on said main substrate after said direct joining step, wherein said supplementary substrate has a smaller thermal expansion coefficient and a larger thickness than said main substrate.

The present invention according to a fourth aspect is a surface acoustic wave device manufacturing method comprising a hydrophilic treatment step of washing a main substrate and a supplementary substrate to make them hydrophilic; a direct joining step of directly joining said main and supplementary substrates after said hydrophilic treatment; and an electrode forming step of forming a comb-like electrode on said main substrate after said direct joining step, wherein said supplementary substrate has a larger thermal expansion coefficient and a smaller thickness than said main substrate.

## BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

FIGS. 1(a) and 1(b) show a perspective and a sectional views of a surface acoustic wave device according to a first embodiment of this invention;

FIG. 2 shows the dependence on the temperature of the frequency of the surface acoustic wave device according to the first embodiment of this invention;

FIG. 3 shows a sectional view of a surface acoustic wave device according to a second embodiment of this invention;

FIG. 4 shows a sectional view of a surface acoustic wave device according to a third embodiment of this invention;

FIGS. 5(a) and 5(b) show sectional views of two surface acoustic wave devices according to a fourth embodiment of this invention;

FIG. 6 shows a sectional view of a surface acoustic wave device according to a fifth embodiment of this invention;

FIG. 7 shows a sectional view of a surface acoustic wave device according to a sixth embodiment of this invention;

FIG. 8 schematically shows a perspective view of a method for manufacturing a surface acoustic wave device according to a seventh embodiment of this invention;

FIG. 9 is a sectional view schematically showing a structure of a conventional surface acoustic wave device;

FIG. 10 is a sectional view schematically showing another structure of a conventional surface acoustic wave device; and

FIG. 11 is a sectional view schematically showing yet another structure of a conventional surface acoustic wave device.

#### Description of Symbols

- 101 Main substrate
- 102 Supplementary substrate
- 103 Comb-like electrode
- 104 Silicon oxide film
- 105 Polarization inverting layer
- 106 Conductive film
- 107 Insulating film
- 108 Groove portion
- 109 Cut line
- 111 Main substrate material
- 112 Supplementary substrate material

#### PREFERRED EMBODIMENTS

Embodiments of this invention are described below with reference to the drawings.

##### (First embodiment)

FIG. 1 schematically shows a configuration of a surface acoustic wave device according to a first embodiment of this invention. FIG. 1(a) is a schematic perspective view, and FIG. 1(b) is a sectional view taken along line A-A' in FIG. 1(a). In FIG. 1, 101 is a main substrate, 102 is a supplementary substrate, and 103 is a comb-like electrode. According to this embodiment, the main substrate 101 comprises 36 DEG Y-cut X-propagating lithium tantalate of thickness 100  $\mu\text{m}$ , and the supplementary substrate 102 comprises a low-thermal-expansion glass substrate of thickness 300  $\mu\text{m}$ . The thickness of the main substrate 101 is set equal to 10 wavelengths and is thus sufficiently large compared with the surface acoustic wavelength. The thermal expansion coefficient of the lithium tantalate substrate is 16 ppm/ DEG C. (surface acoustic wave propagating direction), and the thermal expansion coefficient of the glass substrate is 4.5 ppm/ DEG C. That is, the glass substrate has a smaller thermal expansion coefficient than the lithium tantalate substrate.

A method for manufacturing a surface acoustic wave device according to an embodiment of this invention is described below with reference to the drawings.

First, the direct junction of the main substrate 101 and the supplementary substrate 102 is described. The main and supplementary substrates 101 and 102 that have been mirror-finished are prepared. Then, both substrates are sufficiently washed to remove dust and organic substances therefrom. Both substrates are immersed in a mixed solution of ammonium hydroxide and hydrogen peroxide to make their surfaces hydrophilic. Both substrates are sufficiently rinsed with pure water to terminate their surfaces with a hydroxyl group. Then, both substrates are joined at on their respective main surfaces. Initially, they are mutually joined via water, but the moisture is gradually removed to change their junction to one provided by the inter-molecular force of the hydroxyl group, oxygen, and hydrogen, thereby firmly joining the main and supplementary substrates 101 and 102 together (initial junction).

Then, both substrates that are initially joined together are thermally treated. Although a certain junction strength can be obtained by leaving the substrates under the room temperature, they are thermally treated at 100 DEG C. or higher for several tens of minutes to several tens of hours in order to increase a junction strength. If there is a large difference between the thermal expansion coefficients of the substrates as in this embodiment, an upper limit must be set for the thermal treatment temperature depending on the size of both substrates (the junction area). This is because the increase in temperature may cause the initially joined substrates to be warped and because an excessive increase in temperature may cause the substrates to be cracked. Conversely speaking, the establishment of the initial junction is proved by the fact that the excessive increase in temperature causes the substrates to

be cracked. In this manner, when heated below the upper limit, the initially joined substrates have a sufficient junction strength and do not slide during the thermal treatment, providing a joined body without residual stress under the room temperature after the thermal treatment.

Then, a normal photolithography technique is used to form the comb-like electrode 103 on the main-substrate-side surface of the joined body obtained. During this process, the substrates may-warp during a heating process such as the prebaking of a photoresist, so the temperature distribution on the surface of the substrate will be wide if a hot plate is used. Thus, an oven is preferably used during the thermal treatment. The surface acoustic wave device according to this embodiment is manufactured via the above process.

Next, the temperature characteristics of the surface acoustic wave device are described. The TCF of the surface acoustic wave device is approximately given as the difference between the temperature coefficient of velocity (TCV) of the surface acoustic wave and the thermal expansion coefficient ( $\alpha$ ) of the device substrate. In addition, the TCV depends on the thermal variation of the elastic constant of the substrate and the thermal variation of its density. Tight-coupling substrates of lithium tantalate or niobate have a negative TCV (the surface acoustic wave propagation velocity decreases with increasing temperature).

With respect to the TCV of the junction substrate used in the surface acoustic wave device according to this embodiment, the nature of the supplementary substrate is negligible because the thickness of the main substrate 101 is larger than or equal to one surface acoustic wavelength. Consequently, only the elastic constant and density of the main substrate must be mainly taken into consideration. Since, however, the density is a function of the thermal expansion coefficient of the surface of the substrate, distortion caused by thermal stress caused by the difference in thermal expansion coefficient between the main substrate and the supplementary substrate 102 must be taken into consideration. In addition, the variation of the elastic constant caused by the distortion must be taken into consideration.

This embodiment directly joins the main substrate 101 of a large thermal expansion coefficient with the supplementary substrate 102 of a larger thickness and a smaller thermal expansion coefficient than the main substrate. Thus, compression stress acts near the surface of the main substrate due to a positive temperature variation, and the thermal expansion coefficient of the main substrate and the variation of its density are smaller than its inherent ones. As a result, the variation of the TCV and of the linear expansion coefficient in the surface acoustic wave propagating direction are small, and the TCF of the surface acoustic wave device is improved.

FIG. 2 shows thermal variations in the frequency of the surface acoustic wave device according to this embodiment. This figure shows the results of the use of a one-port resonator of resonance frequency 500 MHz as a surface acoustic wave device. As shown in the figure, the TCF of the surface acoustic wave device according to this embodiment is significantly improved; it is -20 ppm/ DEG C. whereas the TCF of the conventional 36 DEG Y-cut X-propagating lithium tantalate is -35 ppm/ DEG C.

As described above, this embodiment provides a surface acoustic wave device having excellent temperature characteristics without changing its characteristics such as the electromechanical coupling coefficient and surface acoustic wave propagation velocity.

Although this embodiment uses the 36 DEG Y-cut X-propagating lithium tantalate as the main substrate, it is not limited to this aspect, and similar effects can be obtained with another cut angle by using a supplementary substrate having a smaller thermal expansion coefficient than the main substrate. In addition, even if the thermal expansion coefficients of both substrates are equivalent in the surface acoustic wave propagating direction, the density variation can be prevented to improve the TCF by setting the thermal expansion coefficient of the supplementary substrate smaller than that of the main substrate in the direction perpendicular to the surface acoustic wave propagating direction. The degree of the improvement, however, is low because only the TCV contributes to this effect. In addition, similar effects can be obtained by using lithium niobate, Langasite(La<sub>3</sub> Ga<sub>5</sub> S<sub>2</sub>O<sub>14</sub>), or lithium borate for the main substrate.

In addition, although this embodiment sets the thickness of the main substrate about ten times as large as the surface acoustic wavelength, it is not limited to this aspect, and the temperature characteristics of the surface acoustic wave device can be improved without affecting its characteristics as long as the thickness is larger than or equal to about one wavelength in which the particle displacement of the surface acoustic wave concentrates. Thus, according to this embodiment, the main substrate can be subjected to processing such as polishing from one of the main surfaces of the directly joined main substrates to reduce its thickness in order to increase the effect of the stress of the supplementary substrate, thereby further improving the temperature characteristics.

In addition, although this embodiment uses glass as the supplementary substrate, it is not limited to this aspect, and a different low-thermal-expansion material such as silicon may be used. If glass is used as the supplementary substrate, it can be joined easily with the main monocrystal substrate due to its amorphousness. In addition, the composition of glass enables materials of various mechanical properties to be obtained to allow the temperature characteristics to be controlled easily. If a conductor is used as the supplementary substrate, it can restrain, for example, the pyroelectricity of the main substrate. Furthermore, in this case, when the main substrate is relatively thin, its electrostatic short-circuit effect enables the temperature characteristics to be improved.

(Second embodiment)

FIG. 3 schematically shows a sectional view of a configuration of a surface acoustic wave device according to a second embodiment of this invention. In FIG. 3, 101 is the main substrate, 102 is the supplementary substrate, and 103 is the comb-like electrode. According to this embodiment, the main substrate 101 comprises an X-cut 112 DEG Y-propagating lithium tantalate of 300  $\mu\text{m}$  thickness, and the supplementary substrate 102 comprises glass of 100  $\mu\text{m}$  thickness. The thickness of the main substrate 101 is set at a sufficiently large value compared to the surface acoustic wavelength. The thermal expansion coefficient is 4 ppm/ DEG C. (the Z direction) for the lithium tantalate substrate and 12 ppm/ DEG C. for the glass substrate. That is, the glass substrate has a smaller thermal expansion coefficient than the main substrate. The configuration of the comb-like electrode 103 is similar to that in the first embodiment.

A method for manufacturing the surface acoustic wave device according to this embodiment is described below with reference to the drawings. Those steps which are not particularly described below are the same as in the first embodiment.

First, as in the first embodiment, the main substrate 101 is directly joined with the supplementary substrate 102. The initially joined substrates are thermally treated in the air to increase the junction strength. Then, a normal photolithography technique is used to form the comb-like electrode 103 on the main-substrate-side surface of the joined body obtained. The surface acoustic wave device according to this embodiment is manufactured through the above process.

Next, the temperature characteristics of the surface acoustic wave device are described. The TCF of the surface acoustic wave device is approximately given as the difference between the TCV of the surface acoustic wave and the thermal expansion coefficient ( $\alpha$ ) of the device substrate as described above. If the main substrate 101 of a small thermal expansion coefficient is directly joined with the supplementary substrate 102 having a smaller thickness and a larger thermal expansion coefficient than the main substrate according to this embodiment, a positive temperature variation causes tensile stress to occur on the main-substrate side of the junction interface, thereby causing the joined body to be warped toward the main substrate. Thus, the combination of the main and supplementary substrates 101 and 102 according to this embodiment provides effects similar to those obtained when the thermal expansion coefficient of the surface acoustic wave substrate of the main substrate is reduced. Thus, the temperature characteristics can be improved as in the first embodiment.

Although this embodiment uses the X-cut 112 DEG Y-propagating lithium tantalate as the main substrate 101, it is not limited to this aspect, and similar effects can be obtained by using a supplementary substrate having a larger thermal expansion coefficient than the main substrate even if a different cut angle is used.

In addition, similar effects can be obtained by using lithium niobate, Langasite, or lithium borate for the main substrate.

Although this embodiment uses glass as the supplementary substrate, it is not limited to this aspect but, for example, the pyroelectricity of the main substrate can be restrained by using a conductor as the supplementary substrate.

As described above, this embodiment provides a surface acoustic wave device having excellent temperature characteristics without changing its characteristics such as the electromechanical coupling coefficient and surface acoustic wave propagation velocity.

(Third embodiment)

FIG. 4 schematically shows a sectional view of a configuration of a surface acoustic wave device according to a third embodiment of this invention. In FIG. 4, 101 is the main substrate, 102 is the

supplementary substrate, 103 is the comb-like electrode, and 104 is a silicon oxide film. According to this embodiment, the main substrate 101 comprises a 41 DEG Y-cut X-propagating lithium niobate of 100 .mu.m thickness, and the supplementary substrate 102 comprises low-thermal-expansion glass of 300 .mu.m thickness. The thickness of the main substrate is set at a sufficiently large value compared to the surface acoustic wavelength. The thermal expansion coefficient is 15.4 ppm/ DEG C. (the surface acoustic wave propagating direction) for the lithium niobate substrate and 4.5 ppm/ DEG C. for the glass substrate. The configuration of the comb-like electrode 103 is similar to that in the first embodiment.

A method for manufacturing the surface acoustic wave device according to this embodiment is described below with reference to the drawings. Those steps which are not particularly described below are the same as in the first embodiment.

First, as in the first embodiment, the main substrate 101 is directly joined with the supplementary substrate 102. Then, the comb-like electrode 103 is formed on one of the main surfaces of the main substrate 101. Finally, sputtering is used to form the silicon oxide film 104 on the main substrate 101 on which the comb-like electrode 103 is formed. The surface acoustic wave device according to this embodiment is manufactured through the above process.

As in the first embodiment, by directly joining the main and supplementary substrates 101 and 102 together, stress caused by the difference in the thermal expansion coefficients of both substrates enables the temperature characteristics of the main substrate to be improved. Besides, since this embodiment forms the silicon oxide film 104 on the main substrate 101, the temperature characteristics can be further improved. The temperature compensation method using a silicon oxide film is well known, but this embodiment provides various piezoelectric characteristics compared to this simple use of the silicon oxide film and enables a substrate of a zero temperature characteristic to be obtained by appropriately selecting the characteristics of the supplementary substrate.

As described above, this embodiment can provide a surface acoustic wave device having not only excellent temperature characteristics but also piezoelectric characteristics different from those of a substrate of the zero temperature coefficient which are conventionally obtained using the silicon oxide film.

Although this embodiment uses the 41 DEG Y-cut X-propagating lithium niobate as the main substrate, it is not limited to this aspect, and similar effects can be obtained by using a supplementary substrate having a smaller thermal expansion coefficient than the main substrate even if a different cut angle is used. In addition, even if the thermal expansion coefficients of both substrates are equivalent in the surface acoustic wave propagating direction, the density variation can be prevented to improve the TCF by setting the thermal expansion coefficient of the supplementary substrate smaller than that of the main substrate in the direction perpendicular to the surface acoustic wave propagating direction. The degree of the improvement, however, is low because only the TCV contributes to this effect. In addition, similar effects can be obtained by using lithium tantalate, Langasite, or lithium borate for the main substrate.

In addition, although this embodiment uses glass as the supplementary substrate, it is not limited to this aspect, and a different low-thermal-expansion material such as silicon may be used. If a conductor is used as the supplementary substrate, it can restrain, for example, the pyroelectricity of the main substrate.

#### (Fourth embodiment)

FIG. 5(a) schematically shows a sectional view of a configuration of a surface acoustic wave device according to a fourth embodiment of this invention. In FIG. 5(a), 101 is the main substrate, 102 is the supplementary substrate, 103 is the comb-like electrode, and 105 is a polarization inverting layer. According to this embodiment, the main substrate 101 comprises a 36 DEG Y-cut X-propagating lithium tantalate of 100 .mu.m thickness, and the supplementary substrate 102 comprises low-thermal-expansion glass of 300 .mu.m thickness. The thickness of the main substrate is set at a sufficiently large value compared to the surface acoustic wavelength. The thermal expansion coefficient is 16 ppm/ DEG C. (the surface acoustic wave propagating direction) for the lithium tantalate substrate and 4.5 ppm/ DEG C. for the glass substrate. The configuration of the comb-like electrode 103 is similar to that in the first embodiment.

A method for manufacturing the surface acoustic wave device according to this embodiment is described below with reference to the drawings. Those steps which are not particularly described below are the same as in the first embodiment.



First, as in the first embodiment, the main substrate 101 is directly joined with the supplementary substrate 102. Then, the polarization inverting layer 105 is formed on the comb-like-electrode 103 side of the main substrate 101. The polarization inverting layer is normally formed through a proton replacement and a thermal treatment processes. According to this embodiment, the thickness of the polarization inverting layer 105 is one-fifth of the surface acoustic wavelength. Finally, a normal photolithography process is used to form the comb-like electrode 103 on the main substrate 101 on which the polarization inverting layer 105 is formed. The surface acoustic wave device according to this embodiment is manufactured through the above process.

As in the first embodiment, by directly joining the main and supplementary substrates 101 and 102 together, stress caused by the difference in the thermal expansion coefficients of both substrates enables the temperature characteristics of the main substrate to be improved. Besides, since this embodiment forms the polarization inverting layer on the main substrate, its electrostatic short-circuit effect enables the temperature characteristics to be further improved. The temperature compensation method using the polarization inverting layer is well known, but this embodiment can further improve the temperature characteristics compared to this simple use of the polarization inverting layer.

As described above, this embodiment can provide a surface acoustic wave device having not only excellent temperature characteristics but also other piezoelectric characteristics different from the conventional ones obtained using the polarization inverting layer.

Although this embodiment uses the 36 DEG Y-cut X-propagating lithium tantalate as the main substrate, it is not limited to this aspect, and similar effects can be obtained by using a supplementary substrate having a smaller thermal expansion coefficient than the main substrate even if a different cut angle is used. In addition, even if the thermal expansion coefficients of both substrates are equivalent in the surface acoustic wave propagating direction, the density variation can be prevented to improve the TCF by setting the thermal expansion coefficient of the supplementary substrate smaller than that of the main substrate in the direction perpendicular to the surface acoustic wave propagating direction. The degree of the improvement, however, is low because only the TCV contributes to this effect. In addition, similar effects can be obtained by using lithium niobate, Langasite, or lithium borate for the main substrate.

In addition, although this embodiment uses glass as the supplementary substrate, it is not limited to this aspect, and a different low-thermal-expansion material such as silicon may be used. If a conductor is used as the supplementary substrate, it can restrain, for example, the pyroelectricity of the main substrate.

In addition, although this embodiment directly joins the main and supplementary substrates together and then forms the polarization inverting layer, the main substrate on which the polarization inverting layer has already been formed may be directly joined with the supplementary substrate. The polarization-inverting-layer formation method is not limited to this embodiment, and the main substrate may be formed by directly joining together piezoelectric substrates 101A and 101B of different polarizing directions as shown in FIG. 5(b). If the polarization inverting layer is formed using the direct junction, the thickness of the polarization inverting layer can be controlled easily to uniformize the piezoelectric characteristics of the main substrate.

In addition, the thickness of the polarization inverting layer is not particularly limited, and a surface acoustic wave device having various piezoelectric characteristics and excellent temperature characteristics can be obtained by selecting a supplementary substrate depending on the thickness of the polarization inverting layer.

(Fifth embodiment)

FIG. 6 schematically shows a sectional view of a configuration of a surface acoustic wave device according to a fifth embodiment of this invention. In FIG. 6, 101 is the main substrate, 102 is the supplementary substrate, 103 is the comb-like electrode, and 106 is a conductive film. According to this embodiment, the main substrate 101 comprises a 36 DEG Y-cut X-propagating lithium tantalate of 100 .mu.m thickness which has been processed so that its thickness is about one surface acoustic wavelength as is described later, and the supplementary substrate 102 comprises low-thermal-expansion glass of 300 .mu.m thickness. The thermal expansion coefficient is 16 ppm/ DEG C. (the surface acoustic wave propagating direction) for the lithium tantalate substrate and 4.5 ppm/ DEG C. for the glass substrate. The configuration of the comb-like electrode 103 is similar to that in the first embodiment.



A method for manufacturing the surface acoustic wave device according to this embodiment is described below with reference to the drawings. Those steps which are not particularly described below are the same as in the first embodiment.

First, the conductive film 106 is formed on one of the main surfaces of the supplementary substrate 102 in a part corresponding to at least the comb-like electrode 103. According to this embodiment, a several-hundred-Angstrom conductive film 106 is formed of chromium. Then, as in the first embodiment, the main substrate 101 is joined with the supplementary substrate 102 on which the conductive film 106 is formed. In this case, the conductive film 106 and the main substrate 101 are directly joined together. Then, the main substrate 101 is polished until its thickness almost equals one surface acoustic wavelength. Finally, a normal photolithography process is used to form the comb-like electrode 103 on the main substrate 101. The surface acoustic wave device according to this embodiment is manufactured through the above process.

As in the first embodiment, by directly joining the main and supplementary substrates 101 and 102 together, stress caused by the difference in the thermal expansion coefficients of both substrates enables the temperature characteristics of the main substrate to be improved. Besides, since this embodiment forms the conductive film between the main substrate and the supplementary substrate to reduce the thickness of the main substrate, its electrostatic short-circuit effect can be used to further improve the temperature characteristics of the surface acoustic wave device.

As described above, this embodiment can not only provide a surface acoustic wave device having excellent temperature characteristics but also prevent the pyroelectric breakage of the comb-like electrode.

Although this embodiment uses the 36 DEG Y-cut X-propagating lithium tantalate as the main substrate, it is not limited to this aspect, and similar effects can be obtained by using a supplementary substrate having a smaller thermal expansion coefficient than the main substrate even if a different cut angle is used. In addition, even if the thermal expansion coefficients of both substrates are equivalent in the surface acoustic wave propagating direction, the density variation can be prevented to improve the TCF by setting the thermal expansion coefficient of the supplementary substrate smaller than that of the main substrate in the direction perpendicular to the surface acoustic wave propagating direction. The degree of the improvement, however, is low because only the TCV contributes to this effect. In addition, similar effects can be obtained by using lithium niobate, Langasite, or lithium borate for the main substrate.

In addition, although this embodiment uses glass as the supplementary substrate, it is not limited to this aspect, and a different low-thermal-expansion material such as silicon may be used.

In addition, although this embodiment has been described in conjunction with the formation of the conductive film on the supplementary substrate, it is not limited to this aspect, and the conductive film may be formed on the main substrate or both main and supplementary substrates.

Although this embodiment uses chromium as the conductive film, it is not limited to this aspect, and another metal material may be used.

(Sixth embodiment)

FIG. 7 schematically shows a sectional view of a configuration of a surface acoustic wave device according to a sixth embodiment of this invention. In FIG. 7, 101 is the main substrate, 102 is the supplementary substrate, 103 is the comb-like electrode, and 107 is an insulating film. According to this embodiment, the main substrate 101 comprises a 36 DEG Y-cut X-propagating lithium tantalate of 100 .mu.m thickness, and the supplementary substrate 102 comprises silicon of 300 .mu.m thickness. The thickness of the main substrate is set at a sufficiently large value compared to the surface acoustic wavelength. The thermal expansion coefficient is 16 ppm/ DEG C. (the surface acoustic wave propagating direction) for the lithium tantalate substrate and 4.5 ppm/ DEG C. for the silicon substrate. The configuration of the comb-like electrode 103 is similar to that in the first embodiment.

A method for manufacturing the surface acoustic wave device according to this embodiment is described below with reference to the drawings. Those steps which are not particularly described below are the same as in the first embodiment.

First, the insulating film 107 is formed on one of the main surfaces of the supplementary substrate 102. According to this embodiment, a sputtering method is used to form a 1000-Angstrom insulating film 107 of silicon oxide. Then, as in the first embodiment, the main substrate 101 is joined with the

supplementary substrate 102 on which the insulating film 107 is formed. In this case, the insulating film 107 and the main substrate 101 are directly joined together. Finally, a normal photolithography process is used to form the comb-like electrode 103 on the main substrate 101. The surface acoustic wave device according to this embodiment is manufactured through the above process.

As in the first embodiment, by directly joining the main and supplementary substrates 101 and 102 together, stress caused by the difference in the thermal expansion coefficients of both substrates enables the temperature characteristics of the main substrate to be improved. Besides, since this embodiment forms the insulating film between the main substrate and the supplementary substrate, even a main and a supplementary substrates that cannot be easily combined together due to their compositions can be indirectly joined together.

As described above, this embodiment can provide a surface acoustic wave device having excellent temperature characteristics.

Although this embodiment uses the 36 DEG Y-cut X-propagating lithium tantalate as the main substrate, it is not limited to this aspect, and similar effects can be obtained by using a supplementary substrate having a smaller thermal expansion coefficient than the main substrate even if a different cut angle is used. In addition, even if the thermal expansion coefficients of both substrates are equivalent in the surface acoustic wave propagating direction, the density variation can be prevented to improve the TCF by setting the thermal expansion coefficient of the supplementary substrate smaller than that of the main substrate in the direction perpendicular to the surface acoustic wave propagating direction. The degree of the improvement, however, is low because only the TCV contributes to this effect. In addition, similar effects can be obtained by using lithium niobate, Langasite, or lithium borate for the main substrate.

In addition, although this embodiment uses glass as the supplementary substrate, it is not limited to this aspect, and a different low-thermal-expansion material such as silicon may be used.

In addition, although this embodiment has been described in conjunction with the formation of the insulating film on the supplementary substrate, it is not limited to this aspect, and the insulating film may be formed on the main substrate or both main and supplementary substrates.

Although this embodiment uses silicon oxide as the insulating film, it is not limited to this aspect, and another inorganic film may be used.

(Seventh embodiment)

Next, a seventh embodiment of this invention is described with reference to the drawings. This embodiment relates to a manufacturing method wherein a plurality of surface acoustic wave devices according to this invention are formed on the same substrate material. FIG. 8 schematically shows a perspective view of a method for manufacturing a surface acoustic wave device according to a seventh embodiment of this invention. In FIG. 8, 111 is the main substrate material, 112 is the supplementary substrate material, 103 is the comb-like electrode, 108 is a groove portion, and 109 is a cut line. According to this embodiment, the main substrate material 111 comprises a 36 DEG Y-cut X-propagating lithium tantalate of 100  $\mu\text{m}$  thickness, and the supplementary substrate material 112 comprises low-thermal-expansion glass of 300  $\mu\text{m}$  thickness. The thickness of the main substrate material 111 is set equal to 10 wavelengths and is thus sufficiently large compared with the surface acoustic wavelength. The thermal expansion coefficient is 16 ppm/ DEG C. (the surface acoustic wave propagating direction) for the lithium tantalate substrate and 4.5 ppm/ DEG C. for the glass substrate.

A method for manufacturing the surface acoustic wave device according to this embodiment is described below with reference to the drawings.

First, a process for directly joining the main and supplementary substrate materials 111 and 112 together. The main and supplementary substrate materials 111 and 112 that have been mirror-finished are prepared. Then, the groove portions 108 are formed on the supplementary substrate material 112 at positions corresponding to the cut lines 109. According to this embodiment, a metallic pattern is formed on the supplementary substrate material 112, which is then etched to form the groove portions 108 therein. Then, both substrate materials are sufficiently washed to remove dust and organic substances therefrom. Both substrate materials are immersed in a mixed solution of ammonium hydroxide and hydrogen peroxide to make their surfaces hydrophilic. This step allows their surfaces to terminate with a hydroxyl group. Then, both substrate materials are rinsed with pure water and placed on their respective main surfaces. Initially, they are mutually joined via water, but the moisture is gradually vaporized and removed to change their junction to one provided by the inter-molecular force

of the hydroxyl group and oxygen, thereby firmly joining the main and supplementary substrate materials 111 and 112 together (initial junction). By forming the groove portions 108 in the supplementary substrate material 112 as in this embodiment, the unwanted moisture is removed easily even from the center of the substrate material via the groove portions.

Then, both substrate materials that are initially joined together are thermally treated. Although a certain junction strength can be obtained by leaving the substrate materials under the room temperature, they are thermally treated at 100 DEG C. or higher for several tens of minutes to several tens of hours in order to increase a junction strength. If there is a large difference between the thermal expansion coefficients of the substrate materials as in this embodiment an upper limit must be set for the thermal treatment temperature depending on the size of both substrate materials (the junction area). This has been described as in Embodiment 1.

In addition, as described above, when substrates of different thermal expansion coefficients are directly joined together, significant stress may occur during thermal treatment to destroy one of the substrate materials. Thus, the groove portions can be provided to reduce the stress in order to enable thermal treatment at higher temperatures, thereby further increasing the junction strength.

Next, a normal photolithography technique is used to form the comb-like electrode 103 on the main-substrate-material-side surface of the joined body obtained. During this process, the substrate materials may warp during a heating process such as the prebaking of a photoresist, so the temperature distribution in the substrate material will be wide if a hot plate is used. Thus, an oven is preferably used during the thermal treatment.

Finally, the substrate material is divided into a plurality of surface acoustic wave devices along the cut lines 109. During this step, the groove portions 109 are removed together with the cut lines 108. Thus, the groove portions are absent from the comb-like electrode portion of each of the individually divided surface acoustic wave devices, so uniform thermal stress acts on the surface acoustic wave devices. Consequently, the plurality of surface acoustic wave devices without the variation of temperature characteristics can be obtained. The surface acoustic wave device according to this embodiment is manufactured via the above process.

As described above, this embodiment provides a surface acoustic wave device having excellent temperature characteristics without changing its characteristics such as the electromechanical coupling coefficient and surface acoustic wave propagation velocity. It also facilitates the evaporation and removal of moisture during the initial junction operation and reduces the stress during the thermal treatment. In addition, the groove portions are absent from the substrate center of each of the individually divided surface acoustic wave devices, so the surface acoustic wave devices can be obtained in which uniform thermal stress occurs despite the variation of temperature, thereby reducing the manufacturing dispersion.

Although this embodiment uses the 36 DEG Y-cut X-propagating lithium tantalate as the main substrate, it is not limited to this aspect but similar effects can be obtained by using a supplementary substrate having a smaller thermal expansion coefficient than the main substrate even if a different cut angle is used. In addition, even if the thermal expansion coefficients of both substrates are equivalent in the surface acoustic wave propagating direction, the density variation can be prevented to improve the TCF by setting the thermal expansion coefficient of the supplementary substrate smaller than that of the main substrate in the direction perpendicular to the surface acoustic wave propagating direction. The degree of the improvement, however, is low because only the TCV contributes to this effect. In addition, similar effects can be obtained by using lithium niobate, Langasite, or lithium borate for the main substrate.

In addition, although this embodiment sets the thickness of the main substrate ten times as large as the surface acoustic wavelength, it is not limited to this aspect but the temperature characteristics of the surface acoustic wave device can be improved without affecting its characteristics as long as the thickness is larger than or equal to about one wavelength in which the particle displacement of the surface acoustic wave concentrates.

In addition, although this embodiment uses glass as the supplementary substrate, it is not limited to this aspect but a different low-thermal-expansion material such as silicon may be used. If glass is used as the supplementary substrate, it can be joined easily with the main monocrystal substrate due to its amorphousness. In addition, the composition of glass enables materials of various mechanical properties to be obtained to allow the temperature characteristics to be controlled easily. If a conductor is used as the supplementary substrate, it can restrain, for example, the pyroelectricity of the main substrate. Furthermore, in this case, when the main substrate is thin, its electrostatic short-circuit effect

enables the temperature characteristics to be improved.

In addition, by forming the silicon oxide film on the surface acoustic wave device according to this embodiment, a surface acoustic wave device having excellent temperature characteristics can be obtained which has piezoelectric characteristics different from those of a substrate of the zero temperature coefficient which are conventionally obtained using silicon oxide.

In addition, by forming the polarization inverting layer on the main substrate according to this embodiment, a surface acoustic wave device having excellent temperature characteristics and piezoelectric characteristics different from conventional ones can be obtained as in the use of the silicon oxide film.

As is apparent from the above description, this invention can provide a surface acoustic wave device having excellent temperature characteristics and its manufacturing method without changing the characteristics of the piezoelectric substrate such as the electromechanical coupling coefficient and surface acoustic wave velocity.

In addition, the invention set forth in claim 11 can provide a surface acoustic wave device and its manufacturing method which can help remove moisture while reducing thermal stress during thermal treatment, thereby substantially improving the manufacturing yield.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

## Claims

What is claimed is:

1. A surface acoustic wave devices comprising  
a laminated main substrate formed by directly joining a first piezoelectric monocrystal substrate having a first polarizing direction with a second piezoelectric monocrystal substrate having a second polarizing direction opposite the first polarizing direction;  
a comb-like electrode formed on a first main surface of said main substrate; and  
a supplementary substrate joined to a second main surface of said main substrate, said supplementary substrate having a smaller thermal expansion coefficient and a larger thickness than said main substrate.
2. A surface acoustic wave devices comprising:  
a laminated main substrate formed by directly joining a first piezoelectric monocrystal substrate having a first polarizing direction with a second piezoelectric monocrystal substrate having a second polarizing direction opposite the first polarizing direction;  
a comb-like electrode formed on a first main surface of said main substrate; and  
a supplementary substrate joined to a second main surface of said main substrate, said supplementary substrate having a larger thermal expansion coefficient and a smaller thickness than said main substrate.
3. A surface acoustic wave device according to claim 1, wherein said first main surfaces, including said comb-like electrode, is covered with a film mainly comprising silicon oxide.
4. A surface acoustic wave device according to claim 2, wherein said first main surface, including said comb-like electrode, is covered with a film mainly comprising silicon oxide.
5. A surface acoustic wave device according to claim 1, wherein an insulating film is provided at a junction interface between said main substrate and said supplementary substrate.
6. A surface acoustic wave device according to claim 5, wherein said insulating film is an inorganic film mainly comprising silicon oxide.
7. A surface acoustic wave device according to claim 1, wherein a thickness of said main substrate is larger than one surface acoustic wavelength.
8. A surface acoustic wave device according to claim 1, wherein a conductive film is provided at a junction interface between said main substrate and said supplementary substrate.

9. A surface acoustic wave device according to claim 8, wherein a thickness of said main substrate is almost equal to one surface acoustic wavelength.
10. A surface acoustic wave device according to claim 1, wherein said main substrate is formed from a material selected from the group consisting of lithium tantalate, lithium niobate, Langasite, and lithium borate.
11. A surface acoustic wave device according to claim 1, wherein said supplementary substrate is formed from glass or silicon.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-55070

(43)公開日 平成11年(1999) 2月26日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 3 H 9/25  
9/145

識別記号

F I

H 0 3 H 9/25  
9/145

A  
C

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平9-259104

(22)出願日 平成9年(1997) 9月24日

(31)優先権主張番号 特願平9-143599

(32)優先日 平9(1997) 6月2日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 大西 慶治

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 田口 豊

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 江田 和生

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74)代理人 弁理士 松田 正道

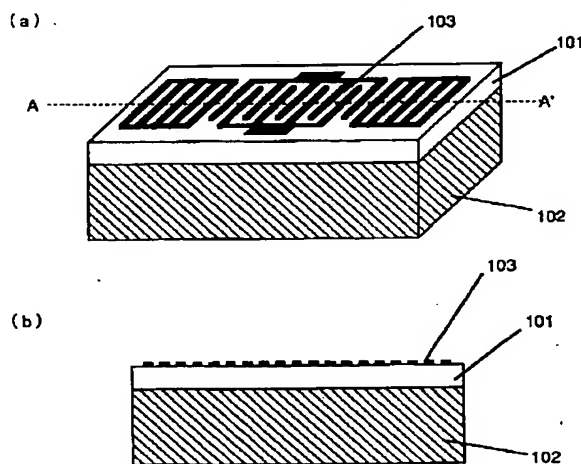
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 弾性表面波素子とその製造方法

(57)【要約】

【課題】 既存の圧電基板の特性を変化させることなく、周波数温度係数の小さい弾性表面波素子を提供する。

【解決手段】 主基板101と、主基板101の一方主面上に形成された櫛形電極103と、主基板101の他方主面に接着剤を介さずに直接接合された補助基板102とを備え、補助基板102の熱膨張係数が、主基板101の熱膨張係数よりも小さく、補助基板102の厚さが主基板101の厚さよりも厚い構成とする。



101・・・主基板  
102・・・補助基板  
103・・・櫛形電極



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 主基板と、前記主基板の一方主面上に形成された櫛形電極と、前記主基板の他方主面に接着剤を介さずに直接接合された補助基板とを備え、前記補助基板の熱膨張係数が、前記主基板の熱膨張係数よりも小さく、前記補助基板の厚さが前記主基板の厚さよりも厚いことを特徴とする弾性表面波素子。

【請求項 2】 主基板と、前記主基板の一方主面上に形成された櫛形電極と、前記主基板の他方主面に接着剤を介さずに直接接合された補助基板とを備え、前記補助基板の熱膨張係数が、前記主基板の熱膨張係数よりも大きく、前記補助基板の厚さが前記主基板の厚さよりも薄いことを特徴とする弾性表面波素子。

【請求項 3】 前記一方主面を前記櫛形電極を含めて被覆するように形成され、酸化珪素を主成分とする薄膜を備えることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の弾性表面波素子。

【請求項 4】 前記主基板の前記一方主面側に形成され、厚さが弾性表面波波長の 1 波長以下である分極反転層を備えることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の弾性表面波素子。

【請求項 5】 前記主基板は、分極方向が互いに反対方向である第一の主基板と第二の主基板とが、直接接合された積層基板であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の弾性表面波素子。

【請求項 6】 前記主基板と前記補助基板との直接接合界面に、絶縁性膜を備えることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の弾性表面波素子。

【請求項 7】 前記絶縁性膜は、酸化珪素を主成分とする無機薄膜であることを特徴とする請求項 6 に記載の弾性表面波素子。

【請求項 8】 前記主基板の厚さは、弾性表面波波長の 1 波長よりも厚いことを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載の弾性表面波素子。

【請求項 9】 前記主基板と前記補助基板との直接接合界面に、導電性薄膜を備えることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の弾性表面波素子。

【請求項 10】 前記主基板の厚さは、弾性表面波波長の 1 波長程度であることを特徴とする請求項 9 に記載の弾性表面波素子。

【請求項 11】 前記主基板は、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム、ランガサイト、ホウ酸リチウムのいずれかを材料とする圧電単結晶基板であることを特徴とする請求項 1 ～ 10 のいずれかに記載の弾性表面波素子。

【請求項 12】 前記補助基板は、ガラスまたはシリコンを材料とすることを特徴とする請求項 1 ～ 11 のいずれかに記載の弾性表面波素子。

【請求項 13】 主基板と補助基板とを洗浄して親水化処理する親水化処理工程と、前記親水化処理工程の後、

前記主基板と前記補助基板とを直接接合する直接接合工程と、前記直接接合工程の後、前記主基板上に櫛形電極を形成する電極形成工程とを含むことを特徴とする弾性表面波素子の製造方法。

【請求項 14】 主基板原板と補助基板原板とを洗浄して親水化処理する親水化処理工程と、前記親水化処理工程の後、前記主基板原板と前記補助基板原板とを直接接合して接合体を生成する直接接合工程と、前記直接接合工程の後、前記主基板原板上に櫛形電極を形成する電極形成工程と、前記電極形成工程の後、前記接合体の前記櫛形電極を形成された前記接合体を個々の弾性表面波素子に分割する分割工程とを含むことを特徴とする弾性表面波素子の製造方法。

【請求項 15】 前記直接接合工程の前に、前記補助基板原板の前記主基板原板と直接接合する面に、前記分割工程における分割線に沿って格子状の溝部を形成する溝部形成工程を含むことを特徴とする請求項 14 に記載の弾性表面波素子の製造方法。

【請求項 16】 前記直接接合工程の後、前記主基板、前記補助基板、前記主基板原板、前記補助基板原板のいずれかを、直接接合する面と反対側の面から薄肉化加工する薄板化加工工程を含むことを特徴とする請求項 13 ～ 15 のいずれかに記載の弾性表面波素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、移動体通信機器等に使用される弾性表面波素子およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】移動体通信の発展にともない、機器を構成するキーデバイスの 1 つである弾性表面波素子に対する高性能化が求められている。弾性表面波素子は、圧電基板が有する電気機械結合係数、遅延時間温度係数、弾性表面波伝搬速度などの諸特性によって素子特性が左右される。現在、一般に用いられている圧電基板は水晶、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウムなどの圧電単結晶である。同じ基板種であっても圧電単結晶の異方性により、そのカット角、伝搬方向によって前記諸特性が異なり、用途に応じて基板選択が行われている。これらの圧電基板では、一般に、電気機械結合係数が大きければその周波数温度係数が大きく、逆に、周波数温度係数が小さければその電気機械結合係数が小さくなっており、従来より、電気機械結合係数が大きく、なおかつ周波数温度係数の小さい基板材料が求められていた。

【0003】また、移動体通信システムにおいても様々なシステムが利用されており、その使用周波数帯も従来の 800MHz 帯から 1.9GHz 帯へとひろがりを見せている。米国における PCS システムや欧州における PCN システムなどは、1.9GHz 帯を利用した移動体通信システムであるが、送信帯域と受信帯域との周波

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

数差が非常に狭く(20MHz)になっている。そのため、例えば送信フィルタを考えた場合、受信帯域での減衰量を確保することが非常に困難となっている。弾性表面波フィルタを前記システムに適用する場合、通過帯域を確保するため、通常タンタル酸リチウムやニオブ酸リチウムなどの電気機械結合係数の大きな圧電基板が使用される。しかし、前記圧電基板の周波数温度係数が大きいために(例えば、 $36^{\circ}\text{Y}$ カット $\text{X}$ 伝搬のタンタル酸リチウムでは約 $-35\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ )、実使用温度範囲や製造偏差を考慮すると、実質的に送受信帯域間隔は十数MHzしかないことになる。したがって、先ほどの送信フィルタの例を考えると、ますます受信帯域の減衰量を確保することが困難となっている。このような背景からも、大きな電気機械結合係数を有し、なおかつ温度特性の良好な圧電基板への要望が強かった。

【0004】弾性表面波素子の周波数温度係数を改善する方法としては、種々のアプローチが行われている。たとえば、J. Appl. Phys. (Vol. 50, pp. 1360-1369, 1979)や、IEEE Transactions Sonics and Ultrasonics (Vol. SU-31, pp. 51-57, 1984)に示されるように、タンタル酸リチウムまたはニオブ酸リチウム上に、その周波数温度係数の符号が逆の酸化珪素膜を形成することにより弾性表面波素子の周波数温度係数を改善する方法がよく知られている。また、IEEE Transactions Ultrasonics, Ferroelectric, and Frequency Control (Vol. 41, pp. 872-875, 1994)に示されるように、圧電基板表面に分極反転層を形成することにより、圧電体の電界短絡効果を利用し、弾性表面波素子の周波数温度係数を制御する方法が報告されている。また、異なる圧電基板を直接接合することにより新規の圧電特性を有する圧電基板を利用する方法が提案されている。

【0005】以下に、従来の弾性表面波素子について説明する。

【0006】まず、既存の圧電基板上に酸化珪素膜を形成した、従来の弾性表面波素子について説明する。図9は、圧電基板上に酸化珪素膜を形成した従来の弾性表面波素子の素子断面図である。図9において、201は圧電基板、203は楕形電極、204は酸化珪素膜である。圧電基板201としては、タンタル酸リチウムやニオブ酸リチウムが用いられる。本弾性表面波素子の製造方法としては、最初に、圧電基板201上に楕形電極203を形成し、その後、楕形電極203が形成された圧電基板201上に、スパッタ工法等により酸化珪素膜204を形成する。酸化珪素の膜厚によって、圧電特性は変化し、ある膜厚(通常、弾性表面波波長で正規化して表現される)でゼロ温度係数が得られる。

【0007】次に、圧電基板表面に分極反転層を形成した、従来の弾性表面波素子について説明する。図10は、圧電基板表面に分極反転層を形成した従来の弾性表面波素子の素子断面図である。図10において、201は圧電基板、203は楕形電極、205は分極反転層である。本弾性表面波素子の製造方法としては、最初に、圧電基板201の表層に分極反転層205を形成し、その後、楕形電極203を形成する。分極反転層205の電界短絡効果により、ある深さの分極反転層を形成することで、既存の圧電基板に比べて良好な温度特性を得ることができる。

【0008】また、図11は圧電単結晶同士を直接接合により一体化し、新規の圧電特性を実現することを目的とした、従来の弾性表面波素子の構成を示した断面図である。図11において、201は第1の圧電基板からなる主基板、202は第2の圧電基板からなる補助基板、203は楕形電極である。この構成では、主基板201の厚さを弾性表面波波長の1波長以下に薄板化することにより、主基板単体を伝搬する場合の弾性表面波とは異なるモードの弾性表面波を励振し、新たな特性を有する弾性表面波素子を実現している。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記従来の弾性表面波素子の場合には、以下のような課題を有していた。

【0010】まず、酸化珪素膜や分極反転層を利用した場合には、温度特性を改善するために、圧電基板単体の特性が変化するが避けられないという課題が挙げられる。すなわち、弾性表面波速度の変化、弾性表面波伝搬損失の増大、電気機械結合係数の変化、不要スプリアスの発現などである。さらに、酸化珪素膜を利用した場合には、酸化珪素膜の膜厚ばらつきにより、圧電基板の圧電特性、弾性表面波速度がばらつくため、製造偏差を抑えることが困難であった。また、酸化珪素の膜質によっても、特性が変化することがあった。同様に、分極反転層を利用した場合においても、分極反転層深さのばらつきによって、圧電基板の圧電特性、弾性表面波速度が変化するという課題を有していた。

【0011】一方、直接接合を利用した従来の弾性表面波素子では、主基板である第1の圧電基板を高精度に薄板化することが必要であり、プロセス的に高周波化が困難であった。

【0012】本発明は、このような従来の弾性表面波用圧電基板の温度特性の制御がむずかしいという課題を考慮し、圧電基板の電気機械結合係数や弾性表面波速度等の諸特性を変化させることなく、良好な温度特性を有する弾性表面波素子およびその製造方法を提供するものである。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

に、請求項 1 の本発明は、主基板と、前記主基板の一方主面上に形成された櫛形電極と、前記主基板の他方主面に接着剤を介さずに直接接合された補助基板とを備え、前記補助基板の熱膨張係数が、前記主基板の熱膨張係数よりも小さく、前記補助基板の厚さが前記主基板の厚さよりも厚いことを特徴とする弾性表面波素子である。

【0014】また、請求項 2 の本発明は、主基板と、前記主基板の一方主面上に形成された櫛形電極と、前記主基板の他方主面に接着剤を介さずに直接接合された補助基板とを備え、前記補助基板の熱膨張係数が、前記主基板の熱膨張係数よりも大きく、前記補助基板の厚さが前記主基板の厚さよりも薄いことを特徴とする弾性表面波素子である。

【0015】さらに、請求項 13 の本発明は、主基板と補助基板とを洗浄して親水化処理する親水化処理工程と、前記親水化処理工程の後、前記主基板と前記補助基板とを直接接合する直接接合工程と、前記直接接合工程の後、前記主基板上に櫛形電極を形成する電極形成工程とを含むことを特徴とする弾性表面波素子の製造方法である。

【0016】また、請求項 14 の本発明は、主基板基板と補助基板基板とを洗浄して親水化処理する親水化処理工程と、前記親水化処理工程の後、前記主基板基板と前記補助基板基板とを直接接合して接合体を生成する直接接合工程と、前記直接接合工程の後、前記主基板基板上に櫛形電極を形成する電極形成工程と、前記電極形成工程の後、前記接合体の前記櫛形電極を形成された前記接合体を個々の弾性表面波素子に分割する分割工程とを含むことを特徴とする弾性表面波素子の製造方法である。

【0017】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

【0018】（第 1 の実施の形態）図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態における弾性表面波素子の構成の概略を示す図である。図 1 において、(a) は全体斜視図、

(b) は (a) における A-A' 断面図である。また、図 1 において、101 は主基板、102 は補助基板、103 は櫛形電極である。なお、本実施の形態では、主基板 101 として厚さ 100  $\mu\text{m}$  の 36° Y カット X 伝搬のタンタル酸リチウムを用い、補助基板 102 として厚さ 300  $\mu\text{m}$  の低熱膨張ガラス基板を用いている。主基板 101 の厚さは、弾性表面波波長に比べて十分厚い 10 波長に設定している。なお、それぞれの基板の熱膨張係数は、タンタル酸リチウムが 16 ppm/°C（弾性表面波伝搬方向）、ガラス基板が 4.5 ppm/°C である。

【0019】以下に、本実施の形態における弾性表面波素子の製造方法を図面を参照して説明する。

【0020】最初に、主基板 101 と補助基板 102 との直接接合について説明する。まず、両面鏡面仕上げさ

れた、主基板 101 および補助基板 102 を準備する。次に、両基板に付着しているダストや有機物質を除去するために、十分に洗浄する。そして、両基板を水酸化アンモニウムと過酸化水素水との混合水溶液に浸漬し、基板表面を親水化処理する。そして、両基板を純水で十分リンスすることにより、両基板表面は水酸基で終端される。次に、両基板一方主面同士を重ねあわせると、最初両基板は水を介した接合となっているが、徐々に水分が除去され水酸基、酸素、水素などの分子間力による接合へと変化し、主基板 101 と補助基板 102 が強固に接合される（初期接合）。

【0021】次に、初期接合された両基板を熱処理する。常温放置によってもある程度の接合強度が得られているが、より強固な接合とするために、100°C 以上の温度で数十分から数十時間熱処理を行う。なお、本実施の形態のように、両基板の熱膨張係数差が大きい場合には、両基板の大きさ（接合面積）によって熱処理温度に制約が生じる。これは、温度上昇により初期接合された基板が反り、過度の昇温を行うと基板に割れが生じるためである。このことから、初期接合された両基板は、十分な接合強度を有しており熱処理中に互いにすべりを生じることがなく、熱処理後室温において残留応力のない接合体が得られていることがわかる。

【0022】次に、得られた接合体の主基板側表面に、通常のフォトリソグラフィ技術を用いて、櫛形電極 103 を形成する。なお、このプロセスにおいてフォトレジストのプリベークなどの加熱プロセスでは基板が反るために、ホットプレート等を利用すると基板面内の温度分布が大きくなるので、オープン等を用いて熱処理することが好ましい。以上のプロセスを経て、本実施の形態における弾性表面波素子は製造される。

【0023】次に、前記弾性表面波素子の温度特性について説明する。弾性表面波素子の周波数温度特性（TCF）は、近似的に弾性表面波伝搬速度の温度依存性（TCV）と、素子基板の熱膨張係数（ $\alpha$ ）の差によって与えられる。また、TCV は単純には基板の弾性定数の温度変化と密度の温度変化に依存し、タンタル酸リチウムやニオブ酸リチウムなどの高結合基板は負の TCV（温度が上がれば弾性表面波伝搬速度が遅くなる）を有している。

【0024】本実施の形態における弾性表面波素子に用いられているような接合基板の TCV については、主基板 101 の厚さが弾性表面波波長の 1 波長以上であるので、主基板の弾性定数と密度を主に考慮すればよい。ただし、密度は基板表面の熱膨張係数の関数であるので、補助基板 102 との熱膨張係数差に起因する熱応力による歪みを考慮しなければならない。また、前記歪みによる弾性定数の変化を考慮する必要がある。

【0025】本実施の形態においては、熱膨張係数の大きな主基板 101 と、主基板よりも厚く、熱膨張係数の

**THIS PAGE BLANK (USPTO).**



小さな補助基板 102 を直接接合しており、正の温度変化により主基板の表面近傍では圧縮応力が作用し、主基板本来の熱膨張係数よりも小さな値を示し、密度変化も小さくなる。従って、TCV の変化が小さくなり、弾性表面波伝搬方向の線膨張係数の変化が小さくなることと併せて、前記弾性表面波素子の TCF は改善される。

【0026】図 2 に本実施の形態における弾性表面波素子の周波数温度変化を示す。本図は、弾性表面波素子として、共振周波数 500 MHz の 1 ポート共振子を用いた場合についてのものである。この図からわかるように、従来の 36° Y カット X 伝搬のタンタル酸リチウムの周波数温度特性である  $-35 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$  に比べて、本実施の形態の弾性表面波素子では  $-20 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$  と大幅に改善されていることがわかる。

【0027】以上のように、本実施の形態においては、電気機械結合係数や弾性表面波伝搬速度等の諸特性を変化させることなく、良好な温度特性を有する弾性表面波素子を得ることができる。

【0028】なお、本実施の形態においては、主基板として 36° Y カット X 伝搬のタンタル酸リチウムを用いたが、これに限らず、他のカット角を用いた場合でも、補助基板として主基板よりも小さな熱膨張係数を有する基板を用いれば、同様の効果が得られる。また、両基板の弾性表面波伝搬方向の熱膨張係数が同等であっても、弾性表面波伝搬方向に垂直な方向の熱膨張係数について、補助基板の熱膨張係数が主基板のものよりも小さければ、密度変化を抑制することができ、TCF を改善することが可能である。ただし、その改善効果は、TCV の寄与のみとなるため小さくなる。また、主基板として、ニオブ酸リチウムやランガサイト、ホウ酸リチウム等の基板を用いた場合でも同様の効果が得られる。

【0029】また、本実施の形態においては、主基板の厚さを弾性表面波波長の約 10 倍としたが、これに限らず、前記厚さは弾性表面波の粒子変位が集中する 1 波長程度以上であれば、弾性表面波素子の特性に影響を与えることなく、弾性表面波素子の温度特性を改善することができる。したがって、本実施の形態において、直接接合された主基板の一方主面側から研磨等の薄板加工を行って主基板の厚さを薄くすれば、補助基板からの応力の作用が大きくなり、より一層温度特性を改善することができる。

【0030】また、本実施の形態においては、補助基板としてガラスを用いたが、これに限らず、シリコンなどの他の低熱膨張材料を用いてもよい。補助基板としてガラスを用いた場合には、その非晶質性により、単結晶である主基板との接合が容易となる。また、ガラスの場合にはその組成によって種々の機械的性質を持った材料を得ることができ、温度特性の制御が容易となる。また、補助基板として、導電性基板を用いた場合には、例えば主基板の焦電性を抑制する効果がある。さらに、こ

の場合において、主基板が比較的薄いときには、電解短絡効果による温度特性改善も可能である。

【0031】また、本実施の形態の弾性表面波素子上に、酸化珪素膜を形成することによって、従来酸化珪素を用いて得られていたゼロ温度係数基板の圧電特性とは異なる特性を有する、温度特性が良好な弾性表面波素子を得ることができる。

【0032】また、本実施の形態の主基板に分極反転層を形成することで、前記酸化珪素膜を用いた場合と同様に、従来とは異なる圧電特性を有する温度特性が良好な弾性表面波素子を得ることができる。

【0033】(第 2 の実施の形態) 図 3 は、本発明の第 2 の実施の形態における弾性表面波素子の構成の概略を示す断面図である。図 3 において、101 は主基板、102 は補助基板、103 は櫛形電極である。なお、本実施の形態では、主基板 101 として厚さ 300  $\mu\text{m}$  X カット 112° Y 伝搬のタンタル酸リチウムを用い、補助基板 102 として厚さ 100  $\mu\text{m}$  のガラス基板を用いている。主基板 101 の厚さは、弾性表面波波長に比べて十分厚く設定している。なお、それぞれの基板の熱膨張係数は、タンタル酸リチウムが  $4 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$  (Z 方向)、ガラス基板が  $12 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$  である。また、櫛形電極 103 の構成は、上述した第 1 の実施の形態と同様である。

【0034】以下に、本実施の形態における弾性表面波素子の製造方法を図面を参照して説明する。なお、以下の説明において、特に説明のないものについては、第 1 の実施の形態と同じとする。

【0035】まず、上述した第 1 の実施の形態と同様にして、主基板 101 と補助基板 102 との直接接合を行う。そして、初期接合された両基板を、接合強度をより強固にするために大気中にて熱処理を行う。次に、得られた接合体の主基板側表面に、通常のフォトリソグラフィ技術を用いて、櫛形電極 103 を形成する。以上のプロセスを経て、本実施の形態における弾性表面波素子は製造される。

【0036】次に、前記弾性表面波素子の温度特性について説明する。弾性表面波素子の周波数温度特性 (TCF) は、前述の通り、近似的に弾性表面波伝搬速度の温度依存性 (TCV) と、素子基板の熱膨張係数 ( $\alpha$ ) の差によって与えられる。本実施の形態のように、熱膨張係数の小さな主基板 101 と、主基板よりも薄く、熱膨張係数の大きな補助基板 102 を直接接合した場合に、正の温度変化により接合界面の主基板側に引っ張り応力が作用し、接合体自体は主基板側に反る。したがって、本実施の形態における主基板 101 と補助基板 102 のような基板の組み合わせにおいては、主基板における弾性表面波主基板の熱膨張係数が小さくなることと同様の効果を得ることができる。従って、上述した第 1 の実施の形態と同様に、温度特性を改善することができ

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

る。

【0037】なお、本実施の形態においては、主基板101としてXカット112° Y伝搬のタンタル酸リチウムを用いたが、これに限らず、他のカット角を用いた場合でも、補助基板として主基板よりも大きな熱膨張係数を有する基板を用いれば、同様の効果が得られる。また、主基板として、ニオブ酸リチウムやランガサイト、ホウ酸リチウム等の基板を用いた場合でも同様の効果が得られる。

【0038】また、本実施の形態においては、補助基板としてガラスを用いたが、これに限らず、補助基板として、導電性基板を用いた場合には、例えば主基板の焦電性を抑制する効果がある。

【0039】以上のように、本実施の形態においては、電気機械結合係数や弾性表面波伝搬速度等の諸特性を変化させることなく、良好な温度特性を有する弾性表面波素子を得ることができる。

【0040】（第3の実施の形態）図4は、本発明の第3の実施の形態における弾性表面波素子の構成の概略を示す断面図である。図4において、101は主基板、102は補助基板、103は楕形電極、104は酸化珪素膜である。なお、本実施の形態では、主基板101として厚さ100 $\mu$ mの41° YカットX伝搬のニオブ酸リチウムを用い、補助基板102として厚さ300 $\mu$ mの低熱膨張ガラス基板を用いている。主基板の厚さは、弾性表面波波長に比べて十分く設定している。なお、それぞれの基板の熱膨張係数は、ニオブ酸リチウムが15.4 ppm/°C（弾性表面波伝搬方向）、ガラス基板が4.5 ppm/°Cである。また、楕形電極103の構成は、第1の実施の形態と同様である。

【0041】以下に、本実施の形態における弾性表面波素子の製造方法を図面を参照して説明する。なお、以下の説明において、特に説明のないものについては、第1の実施の形態と同じとする。

【0042】まず、第1の実施の形態と同様にして、主基板101と補助基板102とを直接接合する。次に、前記主基板101の一方主面上に楕形電極103を形成する。最後に、前記楕形電極103が形成された主基板101上に酸化珪素膜104をスパッタリングにより形成する。以上のプロセスを経て、本実施の形態における弾性表面波素子は製造される。

【0043】第1の実施の形態と同様に、主基板101と補助基板102を直接接合することによって、前記両基板の熱膨張係数差による応力により、主基板単体の場合の温度特性を改善することができる。それに加えて、本実施の形態の場合には、主基板上に酸化珪素膜が形成されているため、さらに温度特性の改善が可能となっている。酸化珪素膜を用いた温度補償方法はよく知られているが、この方法を単独で用いた場合に比べて、補助基板の特性を変化させることで、種々の圧電特性を有する

ゼロ温度特性の基板を実現することが可能となる。

【0044】以上のように、本実施の形態においては、良好な温度特性を有する弾性表面波素子を得ることができるのに加えて、従来酸化珪素膜を用いて得られていたゼロ温度係数基板の圧電特性とは異なる特性を有する、温度特性が良好な弾性表面波素子を得ることができる。

【0045】なお、本実施の形態においては、主基板として41° YカットX伝搬のニオブ酸リチウムを用いたが、これに限らず、他のカット角を用いた場合でも、補助基板として主基板よりも小さな熱膨張係数を有する基板を用いれば、同様の効果が得られる。また、両基板の弾性表面波伝搬方向の熱膨張係数が同等であっても、弾性表面波伝搬方向に垂直な方向の熱膨張係数について、補助基板の熱膨張係数が主基板のものよりも小さければ、密度変化を抑制することができ、TCFを改善することが可能である。ただし、その改善効果は、TCVの寄与のみとなるため小さくなる。また、主基板として、タンタル酸リチウムやランガサイト、ホウ酸リチウム等の基板を用いた場合でも同様の効果が得られる。

【0046】また、本実施の形態においては、補助基板としてガラスを用いたが、これに限らず、シリコンなどの他の低熱膨張材料を用いてもよい。補助基板として、導電性基板を用いた場合には、例えば主基板の焦電性を抑制する効果がある。

【0047】（第4の実施の形態）図5は、本発明の第4の実施の形態における弾性表面波素子の構成の概略を示す断面図である。図5において、101は主基板、102は補助基板、103は楕形電極、105は分極反転層である。なお、本実施の形態では、主基板101として厚さ100 $\mu$ mの36° YカットX伝搬のタンタル酸リチウムを用い、補助基板102として厚さ300 $\mu$ mの低熱膨張ガラス基板を用いた。主基板の厚さは、弾性表面波波長に比べて十分く設定している。なお、それぞれの基板の熱膨張係数は、タンタル酸リチウムが16 ppm/°C（弾性表面波伝搬方向）、ガラス基板が4.5 ppm/°Cである。また、楕形電極103の構成は、第1の実施の形態と同様である。

【0048】以下に、本実施の形態における弾性表面波素子の製造方法を図面を参照して説明する。なお、以下の説明において、特に説明のないものについては、第1の実施の形態と同じとする。

【0049】まず、第1の実施の形態と同様にして、主基板101と補助基板102とを直接接合する。次に、主基板101上に分極反転層105を形成する。通常、分極反転層はプロトン交換および熱処理の工程によって形成される。本実施の形態においては、分極反転層の厚さは弾性表面波波長の1/5としている。最後に、前記分極反転層105が形成された主基板101上に楕形電極103を通常のフォトリソグラフィプロセスを用いて形成する。以上のプロセスを経て、本実施の形態におけ

THIS PAGE BLANK (USPTO)

る弾性表面波素子は製造される。

【0050】第1の実施の形態と同様に、主基板101と補助基板102を直接接合することによって、前記両基板の熱膨張係数差による応力により、主基板単体の場合の温度特性を改善することができる。それに加えて、本実施の形態の場合には、主基板上に分極反転層が形成されているため、その電界短絡効果によりさらに温度特性の改善が可能となっている。分極反転層を用いた温度補償方法はよく知られているが、この方法を単独で用いた場合に比べて、より一層温度特性の改善を図ることが可能となる。

【0051】以上のように、本実施の形態においては、良好な温度特性を有する弾性表面波素子を得ることができるのに加えて、従来、分極反転層を用いて得られていた基板の圧電特性とは異なる特性を有する、温度特性が良好な弾性表面波素子を得ることができる。

【0052】なお、本実施の形態においては、主基板として36° YカットX伝搬のタンタル酸リチウムを用いたが、これに限らず、他のカット角を用いた場合でも、補助基板として主基板よりも小さな熱膨張係数を有する基板を用いれば、同様の効果が得られる。また、両基板の弾性表面波伝搬方向の熱膨張係数が同等であっても、弾性表面波伝搬方向に垂直な方向の熱膨張係数について、補助基板の熱膨張係数が主基板のものよりも小さければ、密度変化を抑制することができ、TCFを改善することが可能である。ただし、その改善効果は、TCVの寄与のみとなるため小さくなる。また、主基板として、ニオブ酸リチウムやランガサイト、ホウ酸リチウム等の基板を用いた場合でも同様の効果が得られる。

【0053】また、本実施の形態においては、補助基板としてガラスを用いたが、これに限らず、シリコンなどの他の低熱膨張材料を用いてもよい。補助基板として、導電性基板を用いた場合には、例えば主基板の焦電性を抑制する効果がある。

【0054】また、本実施の形態においては、主基板と補助基板を直接接合した後、分極反転層を形成したが、あらかじめ分極反転層を形成した主基板と補助基板を直接接合してもよい。また、分極反転層の形成方法については、本実施の形態に限るものではなく、分極方向の異なる圧電基板同士を直接接合することで主基板を形成してもよい。分極反転層を直接接合により形成した場合には、前記分極反転層の厚さ制御が容易となり、主基板の圧電特性を均一にすることが可能である。また、分極反転層の厚さに特に制限はなく、分極反転層の厚さによって補助基板を選択すれば、種々の圧電特性を有する温度特性に優れた弾性表面波素子を得ることができる。

【0055】(第5の実施の形態)図6は、本発明の第5の実施の形態における弾性表面波素子の構成の概略を示す断面図である。図6において、101は主基板、102は補助基板、103は楕円電極、106は導電性膜

である。なお、本実施の形態では、主基板101は、厚さ100 $\mu$ mの36° YカットX伝搬のタンタル酸リチウムを、後述するように、薄板加工を行って弾性表面波波長の1波長程度にまで薄板化したものであり、補助基板102は、厚さ300 $\mu$ mの低熱膨張ガラス基板である。なお、それぞれの基板の熱膨張係数は、タンタル酸リチウムが16ppm/°C(弾性表面波伝搬方向)、ガラス基板が4.5ppm/°Cである。また、楕円電極103の構成は、第1の実施の形態と同様である。

【0056】以下に、本実施の形態における弾性表面波素子の製造方法を図面を参照して説明する。なお、以下の説明において、特に説明のないものについては、第1の実施の形態と同じとする。

【0057】まず、補助基板102の一方主面上の、少なくとも楕円電極103に対応した部分に導電性膜106を形成する。本実施の形態では、導電性膜106として、クロムを数百オングストローム形成している。ついで、第1の実施の形態と同様にして、主基板101と前記導電性膜106が形成された補助基板102とを直接接合する。次に、主基板101を研磨し弾性表面波波長の1波長程度にまで薄板化する。最後に、主基板101上に楕円電極103を通常のフォトリソグラフィプロセスを用いて形成する。以上のプロセスを経て、本実施の形態における弾性表面波素子は製造される。

【0058】第1の実施の形態と同様に、主基板101と補助基板102を直接接合することによって、前記両基板の熱膨張係数差による応力により、主基板単体の場合の温度特性を改善することができる。それに加えて、本実施の形態の場合には、主基板と補助基板との間に導電性膜を形成し、主基板の厚さを薄くしているため、電界短絡効果を利用することができ、弾性表面波素子の温度特性をさらに改善することが可能となる。

【0059】以上のように、本実施の形態においては、良好な温度特性を有する弾性表面波素子を得ることができるのに加え、楕円電極の焦電破壊を抑えることができる。

【0060】なお、本実施の形態においては、主基板として36° YカットX伝搬のタンタル酸リチウムを用いたが、これに限らず、他のカット角を用いた場合でも、補助基板として主基板よりも小さな熱膨張係数を有する基板を用いれば、同様の効果が得られる。また、両基板の弾性表面波伝搬方向の熱膨張係数が同等であっても、弾性表面波伝搬方向に垂直な方向の熱膨張係数について、補助基板の熱膨張係数が主基板のものよりも小さければ、密度変化を抑制することができ、TCFを改善することが可能である。ただし、その改善効果は、TCVの寄与のみとなるため小さくなる。また、主基板として、ニオブ酸リチウムやランガサイト、ホウ酸リチウム等の基板を用いた場合でも同様の効果が得られる。

【0061】また、本実施の形態においては、補助基板

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



としてガラスを用いたが、これに限らず、シリコンなどの他の低熱膨張材料を用いてもよい。

【0062】また、本実施の形態においては、補助基板側に導電性膜を形成するとして説明したが、これに限らず、主基板側または、主基板および補助基板の両方に導電性膜を形成するとしてもよい。

【0063】また、本実施の形態においては、導電性膜としてクロムを用いたが、これに限らず、他の金属材料を用いてもよい。

【0064】（第6の実施の形態）図7は、本発明の第6の実施の形態における弾性表面波素子の構成の概略を示す断面図である。図7において、101は主基板、102は補助基板、103は櫛形電極、107は絶縁性膜である。なお、本実施の形態では、主基板101として厚さ100 $\mu$ mの36° YカットX伝搬のタンタル酸リチウムを用い、補助基板102として厚さ300 $\mu$ mのシリコン基板を用いた。主基板の厚さは、弾性表面波波長に比べて十分く設定している。なお、それぞれの基板の熱膨張係数は、タンタル酸リチウムが16ppm/°C（弾性表面波伝搬方向）、ガラス基板が4.5ppm/°Cである。また、櫛形電極103の構成は、第1の実施の形態と同様である。

【0065】以下に、本実施の形態における弾性表面波素子の製造方法を図面を参照して説明する。なお、以下の説明において、特に説明のないものについては、第1の実施の形態と同じとする。

【0066】まず、補助基板102の一方主面上に絶縁性膜107を形成する。本実施の形態では、絶縁性膜107として、酸化珪素をスパッタリング工法により約1000オングストローム形成している。ついで、第1の実施の形態と同様にして、主基板101と前記絶縁性膜107が形成された補助基板102とを直接接合する。最後に、主基板101上に櫛形電極103を通常のフォトリソグラフィプロセスを用いて形成する。以上のプロセスを経て、本実施の形態における弾性表面波素子は製造される。

【0067】第1の実施の形態と同様に、主基板101と補助基板102を直接接合することによって、前記両基板の熱膨張係数差による応力により、主基板単体の場合の温度特性を改善することができる。それに加えて、本実施の形態の場合には、主基板と補助基板との間に絶縁性膜を形成しているので、組成的に直接接合が困難な組み合わせにおいても直接接合が可能となる。

【0068】以上のように、本実施の形態においては、良好な温度特性を有する弾性表面波素子を得ることができる。

【0069】なお、本実施の形態においては、主基板として36° YカットX伝搬のタンタル酸リチウムを用いたが、これに限らず、他のカット角を用いた場合でも、補助基板として主基板よりも小さな熱膨張係数を有する

基板を用いれば、同様の効果が得られる。また、両基板の弾性表面波伝搬方向の熱膨張係数が同等であっても、弾性表面波伝搬方向に垂直な方向の熱膨張係数について、補助基板の熱膨張係数が主基板のものよりも小さければ、密度変化を抑制することができ、TCFを改善することが可能である。ただし、その改善効果は、TCVの寄与のみとなるため小さくなる。また、主基板として、ニオブ酸リチウムやランガサイト、ホウ酸リチウム等の基板を用いた場合でも同様の効果が得られる。

【0070】また、本実施の形態においては、補助基板としてガラスを用いたが、これに限らず、シリコンなどの他の低熱膨張材料を用いてもよい。

【0071】また、本実施の形態においては、補助基板側に絶縁性膜を形成するとして説明したが、これに限らず、主基板側または、主基板および補助基板の両方に絶縁性膜を形成するとしてもよい。

【0072】また、本実施の形態においては、絶縁性膜として酸化珪素を用いたが、これに限らず、他の無機薄膜を用いてもよい。

【0073】（第7の実施の形態）次に、本発明の第7の実施の形態について図面を参照して説明する。本実施の形態は、本発明の弾性表面波素子を複数個一括して同一の基板原板上に形成する場合の製造方法に関するものである。図8は、本発明の第7の実施の形態における弾性表面波素子の製造方法の概略を示す斜視図である。図8において、101は主基板、102は補助基板、103は櫛形電極、108は溝部、109は切断線である。なお、本実施の形態では、主基板原板111として厚さ100 $\mu$ mの36° YカットX伝搬のタンタル酸リチウムを用い、補助基板原板112として厚さ300 $\mu$ mの低熱膨張ガラス基板を用いている。主基板原板111の厚さは、弾性表面波波長に比べて十分厚い10波長に設定している。なお、それぞれの基板の熱膨張係数は、タンタル酸リチウムが16ppm/°C（弾性表面波伝搬方向）、ガラス基板が4.5ppm/°Cである。

【0074】以下に、本実施の形態における弾性表面波素子の製造方法を図面を参照して説明する。

【0075】最初に、主基板原板111と補助基板原板112との直接接合工程について説明する。まず、両面が鏡面仕上げされた、主基板原板111および補助基板原板112を準備する。次に、補助基板原板112上に、切断線109に対応した位置に溝部108を形成する。本実施の形態では、補助基板原板112上に金属パターンを形成し、補助基板原板112をエッチングすることにより溝部108を形成している。次に、両基板原板に付着しているダストや有機物質を除去するために、十分に洗浄する。その後、両基板原板を水酸化アンモニウムと過酸化水素水との混合水溶液に浸漬し、基板表面を親水化処理する。これにより、両基板原板表面は水酸基で終端されることになる。そして、両基板原板を



THIS PAGE BLANK (USPTO)

純水でリンスし、互いの一方主面同士を重ねあわせる。最初、両基板原板は水を介した接合となっているが、徐々に水分が蒸発除去され水酸基、酸素などの分子間力による接合へと変化し、主基板原板111と補助基板原板112が強固に接合される（初期接合）。本実施の形態のように、補助基板原板112に形成された溝部108を設けることによって、基板原板中央部においても前記溝部を介して不要な水分が除去しやすくなっている。次に、初期接合された両基板原板を熱処理する。常温放置によってもある程度の接合強度が得られているが、より強固な接合とするために、100℃以上の温度で数十分から数十時間熱処理を行う。なお、本実施の形態のように、両基板原板の熱膨張係数差が大きい場合には、両基板原板の大きさ（接合面積）によって熱処理温度に制約が生じる。これは、温度上昇により初期接合された基板が反り、過度の昇温を行うと基板に割れが生じるためである。このことから、初期接合された両基板原板は、十分な接合強度を有しており熱処理中に互いにすべりを生じることがなく、熱処理後室温において残留応力のない接合体が得られていることがわかる。

【0076】また、前述のように、熱膨張係数の異なる基板同士を直接接合する場合には、熱処理時に多大な応力が発生し、一方の基板原板を破壊することがある。そこで、前記溝部を設けることによって、応力を緩和することができ、より高温での熱処理が可能となり、接合強度をより強固にすることができる。

【0077】次に、得られた接合体の主基板原板側表面に、通常のフォトリソグラフィ技術を用いて、櫛形電極103を形成する。なお、このプロセスにおいてフォトレジストのブリークなどの加熱プロセスでは基板原板が反るために、ホットプレート等を利用すると基板原板内の温度分布が大きくなるので、オープン等を用いて熱処理することが好ましい。

【0078】最後に、切断線109に沿って、複数の弾性表面波素子を個々に分割する。この工程において、前記溝部109は切断線108とともに除去される。従って、個々に分割された弾性表面波素子の櫛形電極部には前記溝部は存在せず、一様な熱応力が弾性表面波素子に作用し、温度特性のばらつきのない複数の弾性表面波素子が一括して得られる。以上のプロセスを経て、本実施の形態における弾性表面波素子は製造される。

【0079】以上のように、本実施の形態においては、電気機械結合係数や弾性表面波伝搬速度等の諸特性を変化させることなく、良好な温度特性を有する弾性表面波素子を得ることができる。また、初期接合時の水分の蒸発除去を容易にするとともに、熱処理時の応力を緩和することができる。また、個々に分割された弾性表面波素子の基板中央部には溝部が存在せず、温度変化に対しても一様な熱応力が発生する弾性表面波素子を得ることができ、製造ばらつきの低減を図ることができる。

【0080】なお、本実施の形態においては、主基板として36° YカットX伝搬のタンタル酸リチウムを用いたが、これに限らず、他のカット角を用いた場合でも、補助基板として主基板よりも小さな熱膨張係数を有する基板を用いれば、同様の効果が得られる。また、両基板の弾性表面波伝搬方向の熱膨張係数が同等であっても、弾性表面波伝搬方向に垂直な方向の熱膨張係数について、補助基板の熱膨張係数が主基板のものよりも小さければ、密度変化を抑制することができ、TCFを改善することが可能である。ただし、その改善効果は、TCVの寄与のみとなるため小さくなる。また、主基板として、ニオブ酸リチウム、ランガサイトやホウ酸リチウムなどを用いた場合でも同様の効果が得られる。

【0081】また、本実施の形態においては、主基板の厚さを弾性表面波波長の10倍としたが、これに限らず、弾性表面波の粒子変位が集中する1波長程度以上であれば、弾性表面波素子の特性に影響を与えることなく、弾性表面波素子の温度特性を改善することができる。

【0082】また、本実施の形態においては、補助基板としてガラスを用いたが、これに限らず、シリコンなどの他の低熱膨張材料を用いてもよい。補助基板としてガラスを用いた場合には、その非晶質性により、単結晶である主基板との接合が容易となる。また、ガラスの場合にはその組成によって種々の機械的的性質を持った材料を得ることができ、温度特性の制御が容易となる。また、補助基板として、導電性基板を用いた場合には、例えば主基板の焦電性を抑制する効果がある。さらに、主基板が薄い場合には、電解短絡効果による温度特性改善も可能である。

【0083】また、本実施の形態の弾性表面波素子上に、酸化珪素膜を形成することによって、従来酸化珪素を用いて得られていたゼロ温度係数基板の圧電特性とは異なる特性を有する、温度特性が良好な弾性表面波素子を得ることができる。

【0084】また、本実施の形態の主基板に分極反転層を形成することで、前記酸化珪素膜を用いた場合と同様に、従来とは異なる圧電特性を有する温度特性が良好な弾性表面波素子を得ることができる。

【0085】

【発明の効果】以上説明したところから明らかなように、本発明は、圧電基板の電気機械結合係数や弾性表面波速度等の諸特性を変化させることなく、良好な温度特性を有する弾性表面波素子およびその製造方法を提供することができる。

【0086】また、請求項15の本発明は、熱処理時における水分の除去を助けるとともに熱応力を緩和することができ、製造歩留まりを大幅に向上させる弾性表面波素子およびその製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

THIS PAGE BLANK (USPTO)

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態における弾性表面波素子の斜視図および断面図。

【図 2】本発明の第 1 の実施の形態における弾性表面波素子の周波数温度依存性を示す図。

【図 3】本発明の第 2 の実施の形態における弾性表面波素子の断面図。

【図 4】本発明の第 3 の実施の形態における弾性表面波素子の断面図。

【図 5】本発明の第 4 の実施の形態における弾性表面波素子の断面図。

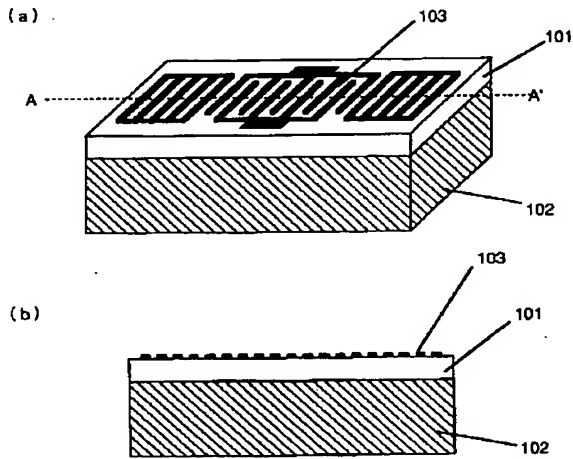
【図 6】本発明の第 5 の実施の形態における弾性表面波素子の断面図。

【図 7】本発明の第 6 の実施の形態における弾性表面波素子の断面図。

【図 8】本発明の第 7 の実施の形態における弾性表面波素子の製造方法の概略を示す斜視図。

【図 9】従来の弾性表面波素子の構造の概略を示す断面 \*

【図 1】



101・・・主基板  
102・・・補助基板  
103・・・櫛形電極

\* 図。

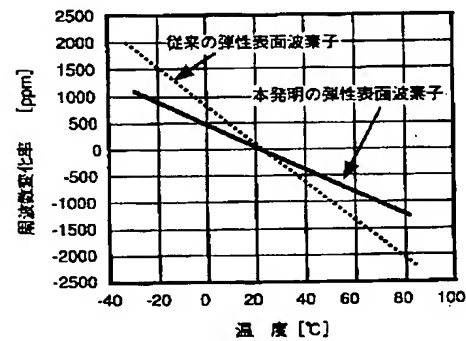
【図 10】従来の弾性表面波素子の別の構造の概略を示す断面図。

【図 11】従来の弾性表面波素子の別の構造の概略を示す断面図。

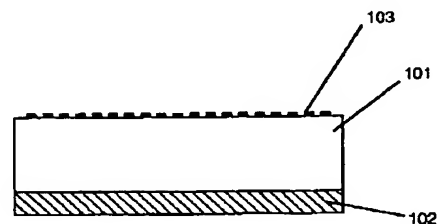
【符号の説明】

101 主基板  
102 補助基板  
103 櫛形電極  
104 酸化珪素膜  
105 分極反転層  
106 導電性膜  
107 絶縁性膜  
108 溝部  
109 切断線  
111 主基板原板  
112 補助基板原板

【図 2】



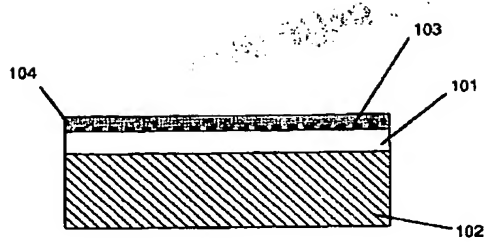
【図 3】



101・・・主基板  
102・・・補助基板  
103・・・形電極

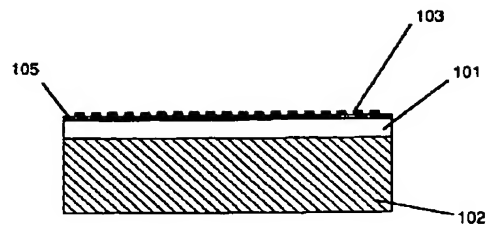
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

【図4】



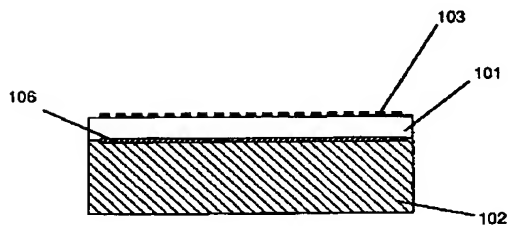
101・・・主基板  
102・・・補助基板  
103・・・梯形電極  
104・・・酸化珪素膜

【図5】



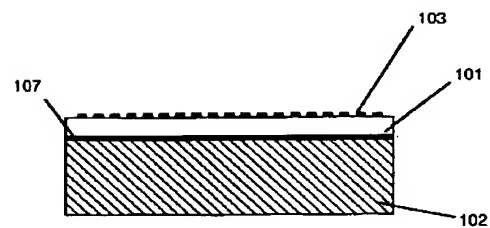
101・・・主基板  
102・・・補助基板  
103・・・梯形電極  
105・・・分極反転層

【図6】



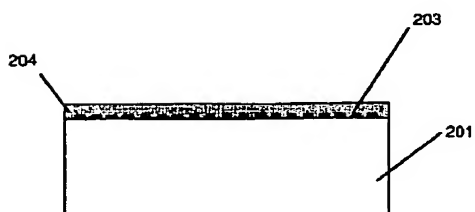
101・・・主基板  
102・・・補助基板  
103・・・梯形電極  
106・・・導電性膜

【図7】



101・・・主基板  
102・・・補助基板  
103・・・梯形電極  
107・・・絶縁性膜

【図9】



201・・・主基板  
203・・・梯形電極  
204・・・酸化珪素膜

【図10】

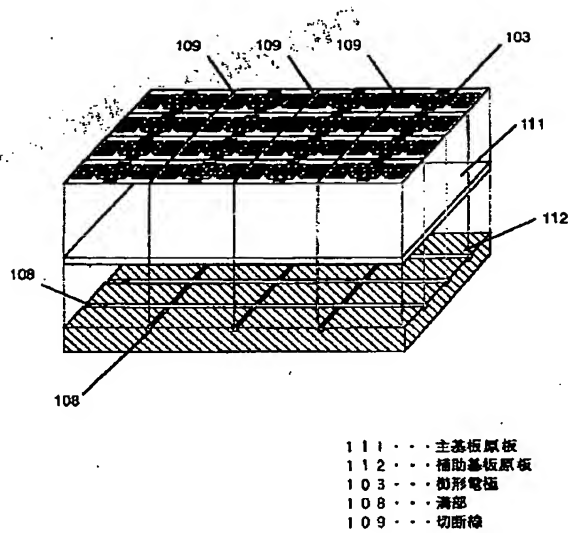


201・・・主基板  
203・・・梯形電極  
205・・・分極反転層

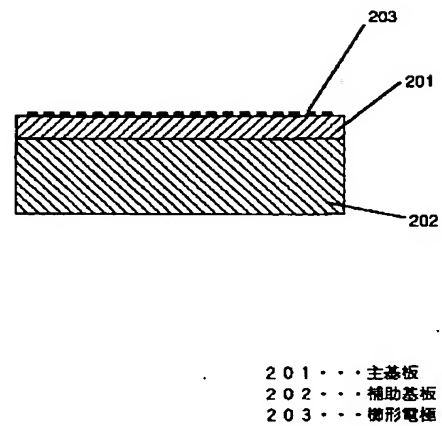
THIS PAGE BLANK (USPTO)



【図8】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 川▲さき▼ 修  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内  
(72)発明者 富田 佳宏  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内  
(72)発明者 関 俊一  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 南波 昭彦  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内  
(72)発明者 佐藤 浩輝  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内  
(72)発明者 小掠 哲義  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**